

УДК 911.2:551.4(476)(043.3)+91:004(043.3)

НОВЕЙШАЯ ГЕОДИНАМИКА СЕВЕРНОГО УЧАСТКА ПЕТРИКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Д. В. БАРБИКОВ¹⁾, Д. М. КУРЛОВИЧ²⁾, В. Э. КУТЫРЛО³⁾

¹⁾ОАО «Беларуськалий», ул. Коржа, 5, 223710, г. Солигорск, Беларусь

²⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

³⁾ОАО «Белгорхимпром», пр. Машерова, 17, 220029, г. Минск, Беларусь

Исследована новейшая геодинамика северного участка Петриковского месторождения калийных солей. Эндо- и экзогенные процессы, происходившие с конца позднего олигоцена, изучены комплексом методов, включавших в себя линеamentный и структурно-геоморфологический анализы. В результате линеamentного анализа установлено, что большая часть территории северного участка стабильна в геодинамическом плане, лишь пятая часть площади объекта исследований относится к зонам потенциального проявления неогеодинамических процессов, соответствующим ослабленным участкам земной коры, на которых может наблюдаться повышенная трещиноватость пород. По результатам структурно-геоморфологического анализа выявлены неогеодинамически активные структуры и системы линеamentов. Определена геодинамическая активность территории с конца среднего плейстоцена: за период, охватывающий конец среднего плейстоцена, верхний плейстоцен и голоцен, слабая активность зафиксирована на 54 % площади северного участка; средняя активность затрагивает 33 % территории объекта исследований; выше средней и высокая активность наблюдается на 13 % площади участка. Сделан вывод о том, что на протяжении голоцена 78 % изучаемой территории относятся к зоне со слабой степенью активности геодинамических процессов; 9 % составляют зону со средней степенью активности; 3 % территории затронуты проявлениями геодинамики со степенью активности выше средней. Полученные результаты учитываются при проектировании и строительстве особо важных инженерных сооружений Петриковского горно-обогатительного комбината.

Ключевые слова: неогеодинамика; линеament; плотность линеamentов; морфоструктуры; неогеодинамически активные структуры; зоны неогеодинамической активности; географические информационные системы.

Образец цитирования:

Барбиков Д. В., Курлович Д. М., Кутырло В. Э. Новейшая геодинамика северного участка Петриковского месторождения калийных солей // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 175–183.

For citation:

Barbikov D. V., Kurlovich D. M., Kutyrla V. E. Neogeodynamics at northern prospect area of Petrikov potash deposit. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 2. P. 175–183 (in Russ.).

Авторы:

Дмитрий Владимирович Барбиков – помощник главного геолога.

Дмитрий Мирославович Курлович – кандидат географических наук, доцент; заведующий кафедрой почвоведения и земельных информационных систем географического факультета.

Виталий Эдуардович Кутырло – кандидат геолого-минералогических наук, доцент; заведующий лабораторией прикладных геологических проблем научно-исследовательского геолого-экологического отдела.

Authors:

Dzmitry Barbikov, assistant of chief geologist.

barbikov@kali.by

Dzmitry Kurlovich, PhD (geography), docent; head of the department of soil science and land information systems, faculty of geography.

kurlovich@bsu.by

Vitali Kutyrla, PhD (geology and mineralogy), docent; head of the laboratory of applied geological problems, research geological and ecological department.

vital2000@tut.by

NEOGEODYNAMICS AT NORTHERN PROSPECT AREA OF PETRIKOV POTASH DEPOSIT

D. V. BARBIKOV^a, D. M. KURLOVICH^b, V. E. KUTYRLO^c

^a*JSC «Belaruskali», Korzh Street, 5, 223710, Soligorsk, Belarus*

^b*Belarusian State University, Niezaliežnasci Avenue, 4, 220030, Minsk, Belarus*

^c*JSC «Belgorkhimprom», Masherov Avenue, 17, 220029, Minsk, Belarus*

Corresponding author: D. M. Kurlovich (kurlovich@bsu.by)

The results of studies of neogeodynamics at northern prospect area of Petrikov potash deposit in Belarus are discussed. Endogenic and exogenic processes, active since the Late Oligocene have been studied with the complex of methods, including lineament and structural-geomorphological analysis. As a result of lineament analysis, it was determined that the most area of Northern prospect of Petrikov potash deposit is stable in terms of geodynamics. The zones of potential development of neogeodynamic processes occupy only 20 % of the area of prospect. These zones are referred to areas of weakened earth crust, within which higher fracturing of rocks may occur. Based on the results of structural-geomorphological analysis, geodynamic active structures and lineament are revealed. Geodynamic activity of the territory since the end of Middle Pleistocene is defined. During the period from the end of Middle Pleistocene to Holocene, a weak intensity of geodynamic processes occurred for 54 % of total area of Northern prospect, a moderate intensity was registered for 33 %, and higher than moderate and high intensity was characteristic for 13 % of total area. In Holocene a weak intensity of recent geodynamic processes is registered for 78 % of the research area, moderate intensity is relevant to 9 %, and higher than moderate intensity is recorded for 3 % of study area. The received results are considered at design and construction of especially important engineering constructions of Petrikovsky ore-dressing and processing enterprise.

Key words: geodynamics; lineament; lineaments density; morphostructures; neogeodynamic active structures; zones of neogeodynamic activity; geographic information systems.

Введение

Петриковское месторождение калийных солей включает в себя северный и южный участки и расположено в основном на территории Петриковского района Гомельской области Республики Беларусь. Площадь месторождения составляет около 450 км², северный участок занимает 141 км² (рис. 1).

Кристаллический фундамент в пределах северного участка находится на глубине 2576–2865 м. В тектоническом плане территория исследований приурочена к Припятскому прогибу, сформированному в основном в эпоху герцинской складчатости [1]. В рифтовый период были заложены наиболее крупные разломы (Северо-Шестовичский, Бриневский, Скрыгаловско-Слободский, Шестовичско-Гостовский).

В строении осадочного чехла принимают участие отложения верхнего протерозоя (с глубины 2510 м); девонской (210–445 м), каменноугольной (214–331 м) и пермской (210–421 м) систем палеозоя; триасовой (166–313 м), юрской (128–192 м) и меловой (82–120 м) систем мезозоя; палеогеновой (26–68 м), неогеновой (с глубины 10–39 м) и четвертичной систем кайнозоя. Калиеносные горизонты приурочены к отложениям верхнего девона.

Основные черты рельефа объекта исследований были сформированы в днепровскую стадию припятского оледенения [2]. В конце среднего плейстоцена территория северного участка подвергалась воздействию вод, появившихся при таянии сожского ледника. Талые ледниковые воды сформировали крупный водоем, существовавший на протяжении конца среднего плейстоцена и в верхнем плейстоцене (в поозерское время – уже фрагментарно). В конце среднего плейстоцена и в верхнем плейстоцене образуется долина р. Припяти – главной водной артерии в пределах объекта исследований.

Эндо- и экзогенные процессы, происходившие с конца позднего олигоцена, изучены в пределах северного участка комплексом методов, включавших в себя линеаментный и структурно-геоморфологический анализы [3–12].

Линеаментный анализ

В результате исследований по цифровым топографическим планам в масштабе 1 : 5000, цифровым ортофотопланам в масштабе 1 : 5000 и свободно распространяемым цифровым многозональным космическим снимкам в среде географической информационной системы (ГИС) ArcGIS 10 были выявлены линейно ориентированные элементы ландшафта – прямолинейные участки гидрографической сети

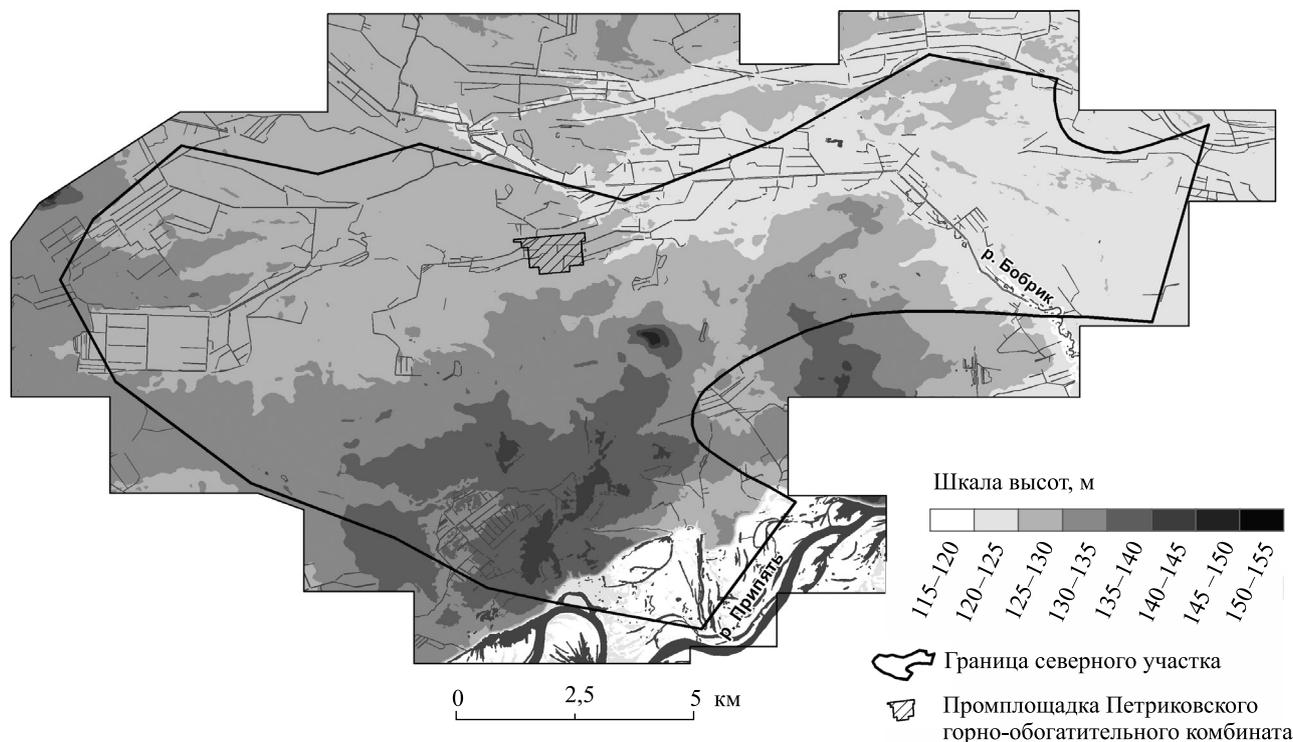


Рис. 1. Гипсометрическая карта северного участка Петриковского месторождения

Fig. 1. Hypsometric map of Northern prospect area of Petrikov deposit

(за исключением участков, сформированных путем антропогенной деятельности), овражно-балочных систем, береговой линии водоемов (за исключением участков, сформированных путем антропогенной деятельности), форм микро- и мезорельефа.

В дальнейшем был проведен анализ пространственной дифференциации линеаментов путем построения модели их плотности. Для выявления связей между разломами кристаллического фундамента и осадочного чехла и линеаментами в среде ArcGIS 10 был осуществлен корреляционный анализ, а также анализ ориентации данных линейных векторов.

По результатам совместного анализа карты корреляции полей плотности, а также векторов линеаментов и разломов установлено, что четкой взаимосвязи между ними не наблюдается. Лишь на отдельных участках положение линеаментов и разломов, а также пики полей плотности совпадают.

Совместный анализ роз-диаграмм ориентации линеаментов и разломов показал, что они имеют схожую направленность (широтную либо субширотную). Исследование длин выявило, что линеаменты представлены маленькими отрезками (как правило, до 500 м). Разломы же имеют большую, нежели линеаменты, протяженность. Превалирует интервал от 2 до 6 км.

Таким образом, разломы и линеаменты являются самостоятельными группами линейных структур, которые только в мелких деталях повторяют друг друга в границах объекта исследований. Основная часть разломов Припятского прогиба была сформирована на протяжении герцинского тектонического этапа. Разломы отмечаются на поверхности фундамента и пронизывают нижний (дорифтовый) и средний (рифтовый) этажи прогиба. В пределах верхнего (послерифтового) этажа разломы постепенно уменьшаются, превращаются во флексуры и полностью исчезают.

По нашему мнению, на образование линеаментов в основном повлияли плейстоцен-голоценовые геодинамические процессы. Им соответствуют ослабленные зоны земной коры.

Итоговым блоком линеаментного анализа стало выделение зон потенциального проявления неогеодинамических процессов в пределах северного участка. Для этого была переклассифицирована модель плотности линеаментов. Выделены участки с плотностью линеаментов более $1,5 \text{ км/км}^2$, представляющие собой ослабленные зоны земной коры, на которых может наблюдаться повышенная трещиноватость пород (рис. 2). В границах северного участка такие зоны занимают 25 % его площади ($35,04 \text{ км}^2$).

Структурно-геоморфологический анализ

Исследования проводились на основе методик В. П. Философова и Л. Б. Аристарховой [10; 11]. В среде ГИС ArcGIS 10 на базе цифровых топографических планов в масштабе 1 : 5000 была построена

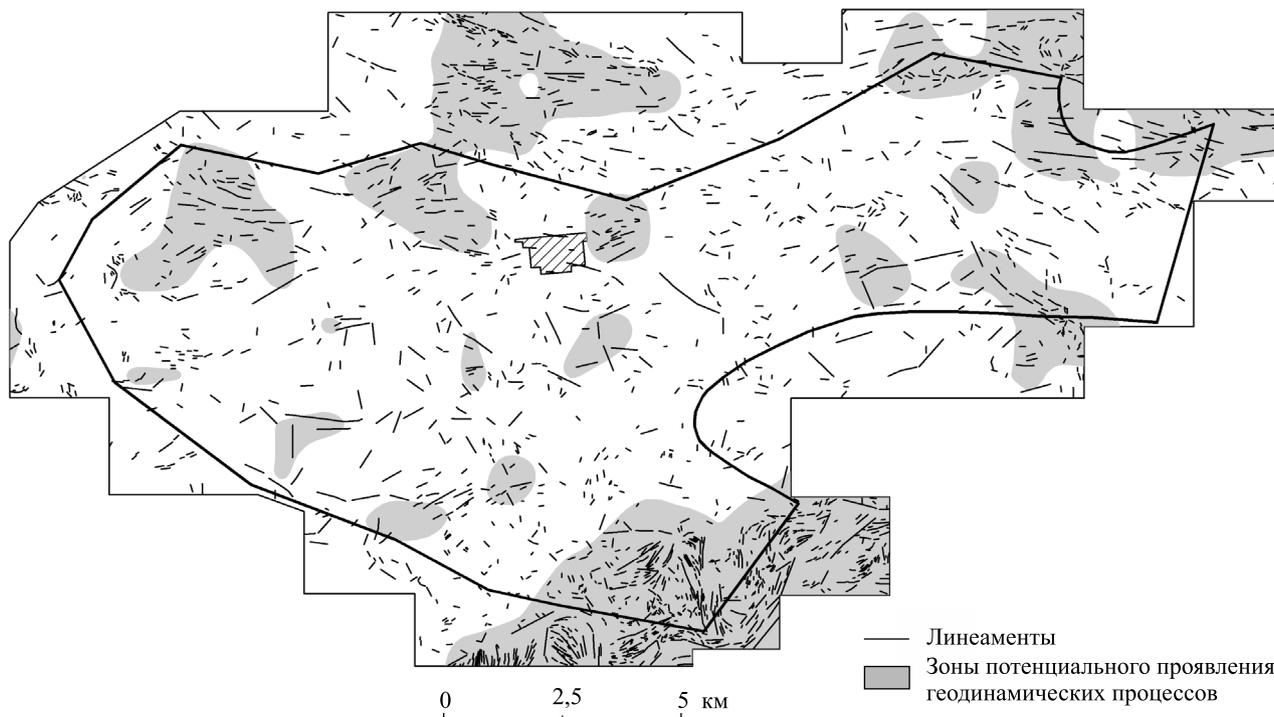


Рис. 2. Поле линементов в пределах северного участка Петриковского месторождения

Fig. 2. Field of lineaments within the Northern prospect area of Petrikov deposit

цифровая модель рельефа. По ней автоматизированным способом [12] была получена карта порядков долин водотоков. Они выявлялись по классификации, предложенной Р. Хортоном. Долина 1-го порядка не принимает ни одного притока, т. е. является неразветвленной. Долина 2-го порядка формируется в результате слияния двух долин 1-го порядка. Долина 3-го порядка образуется путем слияния двух долин 2-го порядка и т. д. За долины низших порядков чаще всего принимаются линейные эрозионные формы временных водотоков (овраги, балки, ложбины стока и другие родственные им формы). Долины низших порядков относятся к голоценовому возрасту, долины более высоких порядков сформированы в плейстоцене.

На основе карты порядков долин и цифровой модели рельефа строились карты базисных поверхностей, объединяющих местные базисы эрозии. Всего для территории северного участка в автоматическом режиме [12] были составлены карты базисных поверхностей 1–5-го порядков.

Рассмотрим методику построения карты базисной поверхности. Так, для построения карты базисной поверхности 2-го порядка из всех долин, выделенных по цифровой модели рельефа, оставлялись только долины 2-го и более высоких порядков и выявлялись точки пересечения долин с горизонталями. В итоге получался ряд точек с абсолютными отметками. Путем интерполяции создавалась грид-модель, из которой извлекались изобазиты, т. е. линии равных базисов эрозии. При построении карты базисной поверхности 3-го порядка не учитывались долины 1-го и 2-го порядков и т. д.

Базисная поверхность наиболее высокого порядка является нижним пределом денудационной поверхности выравнивания, к которой стремится рельеф на этапе нисходящего развития. При восходящих вертикальных движениях земной коры базисная поверхность понижается вследствие углубления долин и повышается в результате аккумуляции в долинах при нисходящих движениях.

Базисные поверхности использовались для построения в ГИС ArcGIS 10 моделей их разности. Для территории северного участка Петриковского месторождения была построена серия карт разностей между базисными поверхностями 1-го и 2-го, 2-го и 3-го, 3-го и 4-го, 4-го и 5-го порядков. Разности между ними показывают алгебраическую сумму вертикальных движений земной коры и эрозии за определенные промежутки времени: короткие (1–2-й порядки) и более длительные (3–5-й порядки).

В рельефе северного участка Петриковского месторождения ведущее место занимает реликтовая ледниковая морфоскульптура. Подчиненную, но также важную роль играет азональная морфоскульптура, представленная унаследованно развивающимися речными долинами, оврагами, балками, западинами и т. п.

В результате структурно-геоморфологических исследований было установлено, что в условиях ледниково-аккумулятивного рельефа ни один из морфометрических методов не позволяет исключить из анализа формы рельефа экзогенного (ледникового) происхождения. Поэтому морфоструктурный план исследуемой территории изучался по поверхности кровли дочетвертичных отложений, созданной в результате растрового ГИС-анализа данных бурения.

На основе поверхности кровли дочетвертичных отложений строились морфоизогипсы – графическое преобразование палеоизогипсов в целях исключения из рассмотрения вторичных форм экзогенного происхождения и восстановления таким образом первичной поверхности, не измененной последующими экзогенными процессами и образующей каркас структурно-тектонического рельефа [11]. По морфоизогипсам были выявлены морфоструктуры, а именно тектонически обусловленные погребенные формы рельефа, развивавшиеся в конце мезозоя – начале кайнозоя (рис. 3). Главными факторами, определившими характер формирования морфоструктур, явились статические (строение и состав земной коры) и динамические (тектонические движения и деформации) свойства геологического субстрата.

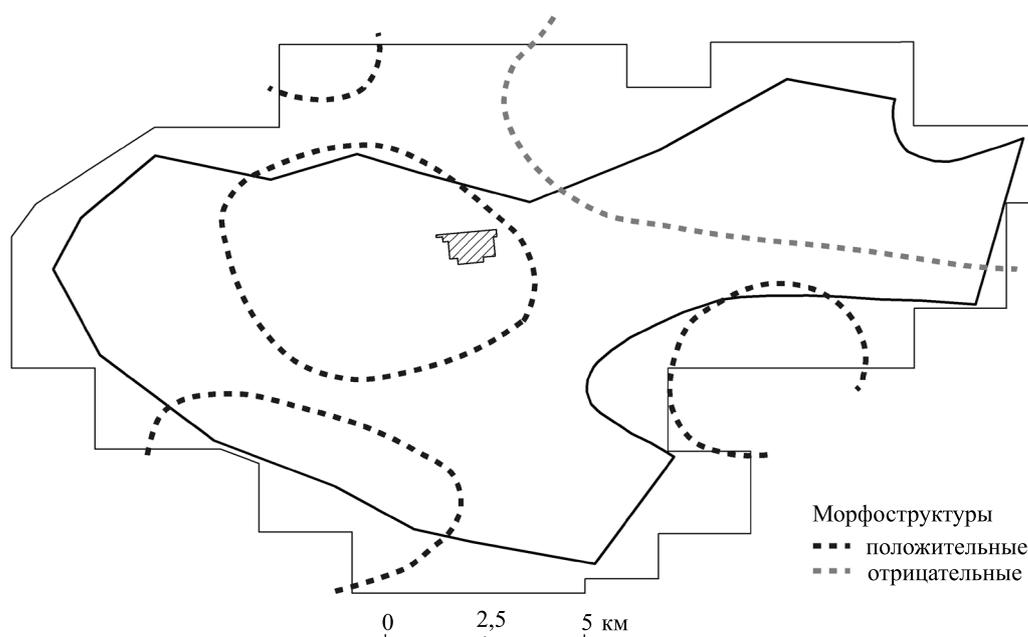


Рис. 3. Морфоструктуры в пределах северного участка Петриковского месторождения

Fig. 3. Morphostructures of Northern prospect area of Petrikov deposit

На протяжении четвертичного периода морфоструктурные черты северного участка Петриковского месторождения были в значительной степени трансформированы деятельностью плейстоценовых оледенений, однако интенсивность и формы проявления ледникового лито- и морфогенеза контролировались эндогенными процессами. Во время формирования морфоскульптур эндогенные факторы проявлялись скрыто и сложно и оказывали влияние на их развитие в целом, а конкретные морфологические элементы морфоскульптур были созданы экзогенными процессами [13].

В пределах северного участка в результате структурно-геоморфологического анализа были построены базисные поверхности пяти порядков. Таким образом, на территории объекта исследований можно проследить пять этапов истории неотектонической активности. Базисные поверхности низших порядков (1-го и 2-го) незначительно отличаются от поверхности современного рельефа и отражают тектонические движения, происходившие на протяжении голоцена. Базисные поверхности высоких порядков заметно отличаются от топографической поверхности и отражают историю развития территории в среднем и верхнем плейстоцене.

Региональные и локальные неогеодинамически активные структуры были выделены путем обобщения результатов, полученных при построении карт порядков долин, базисных поверхностей 3–5-го порядков и разностей между ними. Всего выявлено семь региональных и несколько десятков локальных структур (рис. 4). Некоторые неогеодинамически активные структуры наследуют морфоструктуры, выделенные по кровле дочетвертичных отложений.

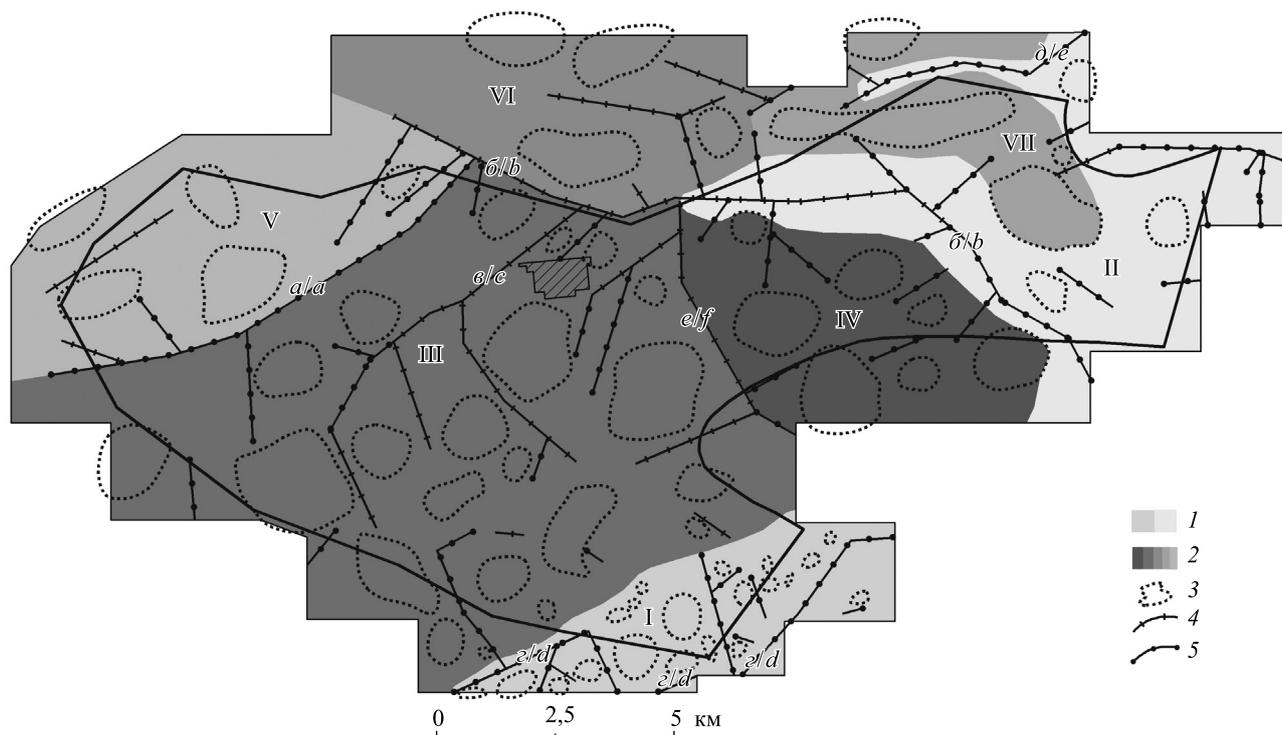


Рис. 4. Неогеодинамически активные структуры в пределах северного участка Петриковского месторождения:

1 – региональные отрицательные структуры; 2 – региональные положительные структуры; 3 – локальные положительные структуры. Системы линеаментов: 4 – представляющие собой активизированные фрагменты разломов кристаллического фундамента и осадочного чехла; 5 – проявившиеся на неотектоническом этапе. Неогеодинамически активные структуры: I – Припятская депрессия; II – Бобриковско-Лукичская депрессия; III – Петриковский купол; IV – Новоселкинский купол; V – Белолесненский купол; VI – Сметаничский купол; VII – Муляровский купол. Линеаменты:

a – Железницкий; б – Бобриковский; в – Первомайский; г – Припятский; д – Лукичский; e – Белановичский

Fig. 4. Neogeodynamic active structures of Northern prospect area of Petrikov deposit:

1 – regional negative structures; 2 – regional positive structures; 3 – local positive structures.

System of lineaments: 4 – representing active fragments of faults in crystalline basement and sedimentary cover; 5 – developed during neotectonic epoch.

Labeled with numbers: I – Pripjat depression; II – Bobrik-Lukichi depression; III – Petrikov dome;

IV – Novoselki dome; V – Belolesnenski dome; VI – Smetanichi dome; VII – Mulyarovsky dome.

Labeled with letters lineaments: a – Zheleznitzky; b – Bobrik; c – Pervomaisky; d – Pripjat; e – Lukichi; f – Belanovichi

По нашему мнению, основными факторами, определившими характер заложения и развития неогеодинамически активных структур, являются геодинамические процессы в районах Карпат и Балтийского моря, а также воздействие плейстоценовых ледниковых покровов (изостатическое прогибание под ледниками, поднятие блоков земной коры по периферии области оледенений, гляциотектоническая переработка субстрата).

Для выявления линеаментов изучался характер рисунка базисных поверхностей, построенных в рамках структурно-геоморфологического ГИС-анализа.

Линеаменты неравномерно распределены по территории северного участка Петриковского месторождения. Большинство из них группируются в протяженные зоны, часто пересекающие всю территорию объекта исследований и даже выходящие на смежные площади. Всего было выделено несколько десятков линеаментов (см. рис. 4).

По ориентации преобладают линеаменты субширотной, субмеридиональной и меридиональной направленности. В пределах объекта исследований для них характерен интервал длины от 2 до 6 км.

Линеаменты были сопоставлены с известными разломами кристаллического фундамента, что позволило выделить среди них две основные группы (см. рис. 4, 4 и 5).

Линеаменты, представляющие собой активизированные фрагменты разломов кристаллического фундамента и осадочного чехла, наследуют (совпадают или близки по своему пространственному положению и ориентировке) фрагменты ранее существовавшей сети платформенных или доплатформенных

дизъюнктивов. Линеаменты, проявившиеся на неотектоническом этапе, являются системами зон повышенной трещиноватости, которые пространственно не связаны с древними разломами.

Для количественной оценки амплитуд вертикальных движений использовались карты разностей базисных поверхностей смежных порядков.

По результатам морфометрического анализа было выполнено районирование территории северного участка Петриковского месторождения по степени геодинамической активности за конец среднего плейстоцена – голоцен. Принцип районирования заключается в следующем: для всех разностей базисных поверхностей от 4–5-го до 1–2-го порядков была вычислена алгебраическая сумма амплитуд вертикальных движений. Это позволило получить поверхность суммарных амплитуд, ячейки которой были далее разделены на четыре класса, соответствующие четырем степеням активности территории (рис. 5):

- слабоактивной;
- среднеактивной;
- активной выше среднего;
- высокоактивной.

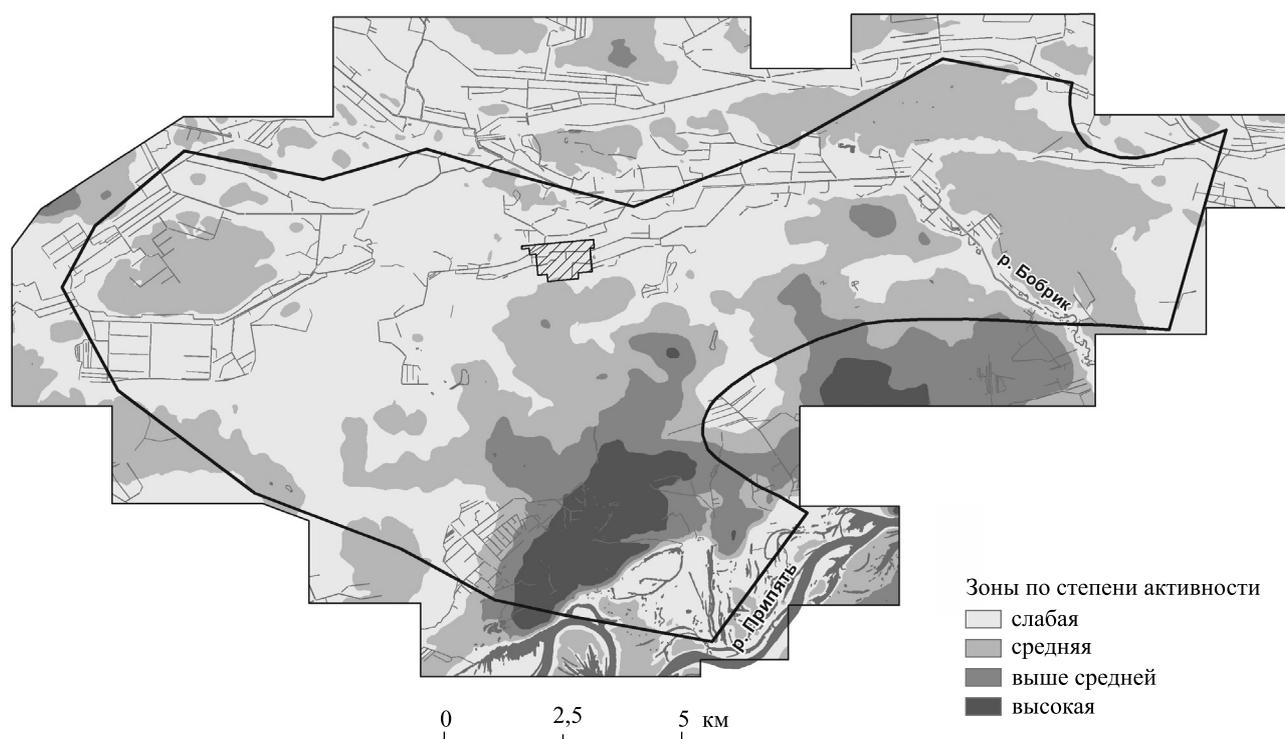


Рис. 5. Неогеодинамическая модель северного участка Петриковского месторождения (конец среднего плейстоцена – голоцен)

Fig. 5. Neogeodynamic model of Northern prospect area of Petrikov deposit (the end of Middle Pleistocene – Holocene)

Границами классов служили суммарные разности 1,5; 5,0 и 10,0 м.

Площадь зоны слабой активности в границах северного участка составляет 76,11 км² (54 % территории объекта исследований); зоны средней активности – 46,39 км² (33 %); зоны выше средней активности – 11,40 км² (8 %); зоны высокой активности – 6,94 км² (5 %).

Разность базисных поверхностей 1-го и 2-го порядков использовалась в качестве источника информации о геодинамической активности исследуемой территории в голоцене. Для получения конечного результата была выполнена переклассификация поверхности и выделены три класса (рис. 6):

- зона слабой активности с суммарной амплитудой движений до 0,25 м;
- зона средней активности – от 0,25 до 2,0 м;
- зона выше средней активности – более 2,0 м.

Площадь зоны слабой активности в границах северного участка составляет 109,52 км² (78 % территории объекта исследований); зоны средней активности – 27,05 км² (19 %); зоны выше средней активности – 4,29 км² (3 %).

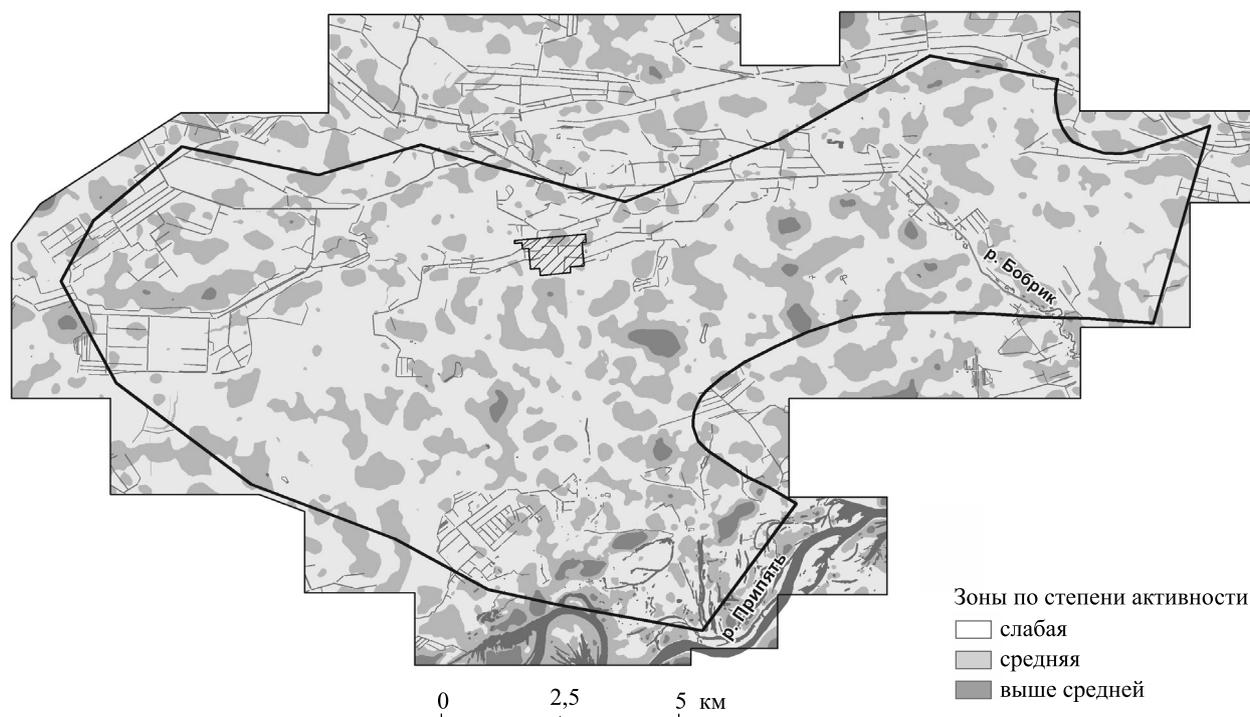


Рис. 6. Неогеодинамическая модель северного участка Петриковского месторождения (голоцен)

Fig. 6. Neogeodynamic model of Northern prospect area of Petrikov deposit (Holocene)

Выводы

В результате линеamentного анализа установлено, что большая часть территории северного участка Петриковского месторождения является стабильной в геодинамическом плане. Лишь пятая часть площади объекта исследований относится к зонам потенциального проявления неогеодинамических процессов, соответствующим ослабленным участкам земной коры, на которых может наблюдаться повышенная трещиноватость пород.

Структурно-геоморфологический анализ позволил выявить неогеодинамически активные структуры и системы линеamentов, а также определить геодинамическую активность территории с конца среднего плейстоцена.

За период, охватывающий конец среднего плейстоцена, верхний плейстоцен и голоцен, слабая активность зафиксирована на 54 % площади северного участка Петриковского месторождения; средняя активность затрагивает 33 % территории объекта исследований; выше средней и высокая активность наблюдается на 13 % площади участка.

В течение голоцена на 78 % территории северного участка Петриковского месторождения отмечается слабая активность геодинамических процессов; на 9 % площади объекта исследований зафиксирована средняя активность; на 3 % территории наблюдается геодинамика со степенью активности выше средней.

Полученные результаты исследований учитываются при проектировании и строительстве особо важных инженерных сооружений Петриковского горно-обогатительного комбината.

Библиографические ссылки

1. Махнач А. С., Гарецкий П. Г., Матвеев А. В. Геология Беларуси. Минск, 2001.
2. Матвеев А. В., Гурский Б. Н., Левицкая Р. И. Рельеф Белоруссии. Минск, 1988.
3. Губин В. Н., Ковалев А. А. Космическая геология Беларуси. Минск, 2008.
4. Матвеев А. В., Нечипоренко Л. А. Линеamentы территории Беларуси. Минск, 2001.
5. Матвеев А. В., Ажгиревич Л. Ф., Вольская Л. С. и др. Кольцевые структуры территории Беларуси. Минск, 1993.
6. Гарецкий П. Г., Айзберг Р. Е., Карабанов А. К. и др. Космотектоническая карта Беларуси. Минск, 2012.
7. Florinsky I. V. Digital terrain analysis in soil science and geology. Amsterdam, 2011.
8. Codilean A. T., Bishop P., Hoey T. B. Surface process models and the links between tectonics and topography // Prog. Phys. Geogr. 2006. Vol. 30, issue 3. P. 307–333.

9. Karabanov A., Garetsky R., Aizberg R., et al. Neogeodynamics phenomena investigation and computerized mapping in Belarus // The current role of geological mapping in geosciences. NATO science series. Ser. IV : Earth and environmental sciences. 2005. Vol. 56. P. 157–168.
10. *Философов В. П.* Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Саратов, 1975.
11. *Аристархова Л. Б.* Морфоструктурный анализ аэрокосмических снимков и топографических карт. М., 2000.
12. *Курлович Д. М.* Пространственная дифференциация и динамика морфоструктур Белорусского Поозерья. Минск, 2014.
13. *Коржув С. С.* Морфотектоника и рельеф земной поверхности. М., 1974.

References

1. Makhnach A. S., Garetskii R. G., Matveev A. V. [Geology of Belarus]. Minsk, 2001 (in Russ.).
2. Matveev A. V., Gurskii B. N., Levitskaya R. I. [The Relief of Belarus]. Minsk, 1988 (in Russ.).
3. Gubin V. N., Kovalev A. A. [Space geology in Belarus]. Minsk, 2008 (in Russ.).
4. Matveev A. V., Nechiporenko L. A. [Lineaments in the territory of Belarus]. Minsk, 2001 (in Russ.).
5. Matveev A. V., Azgirevich L. F., Volskaya L. S., et al. [Ring structures in the territory of Belarus]. Minsk, 1993 (in Russ.).
6. Garetskii R. G., Aizberg R. E., Karabanov A. K., et al. [Kosmotectonic map of Belarus]. Minsk, 2012 (in Russ.).
7. Florinsky I. V. Digital terrain analysis in soil science and geology. Amsterdam, 2011.
8. Codilean A. T., Bishop P., Hoey T. B. Surface process models and the links between tectonics and topography. *Prog. Phys. Geogr.* 2006. Vol. 30, issue 3. P. 307–333.
9. Karabanov A., Garetsky R., Aizberg R., et al. Neogeodynamics phenomena investigation and computerized mapping in Belarus. *The current role of geological mapping in geosciences. NATO science series. Ser. IV: Earth and environmental sciences.* 2005. Vol. 56. P. 157–168.
10. Filosofov V. P. [Fundamentals of morphometric method of determination of tectonic structures]. Saratov, 1975 (in Russ.).
11. Aristarkhova L. B. [Morphostructural analysis of satellite images and topographic maps Moscow]. Moscow, 2000 (in Russ.).
12. Kurlovich D. M. [Spatial differentiation and dynamics of morphostructures of the Belarusian Poozerye]. Minsk, 2014 (in Russ.).
13. Korzhuev S. S. [Morphotectonics and relief of the Earth surface]. Moscow, 1974 (in Russ.).

*Статья поступила в редколлегию 22.11.2016.
Received by editorial board 22.11.2016.*